

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 199 56 830 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
F 16 J 15/44  
F 02 M 61/12

⑯ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Erfinder:  
Gottlieb, Bernhard, Dr., 81739 München, DE;  
Kappel, Andreas, Dr., 85649 Brunnthal, DE; Mock,  
Randolf, Dr., 81739 München, DE; Fischer,  
Bernhard, 84513 Töging, DE; Chemisky, Eric, 85540  
Haar, DE; Meixner, Hans, Prof. Dr., 85540 Haar, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

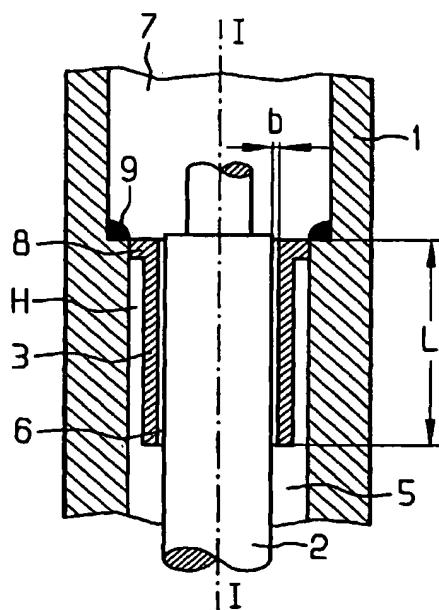
DE 24 39 596 B1  
DE 195 19 191 A1  
DE 25 21 339 A1  
DE 22 04 162 A  
DE 21 27 460 A  
DE 20 32 005  
CH 6 36 682 A5  
US 43 92 655

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Durchführung

⑯ Die Durchführung weist auf ein bewegbar geführtes Übertragerelement, wobei ein Dichtspalt zwischen einem Gehäuse und dem Übertragerelement einen Hochdruckraum und einen Niederdruckraum miteinander verbindet und das durch gekennzeichnet ist, daß mindestens Hohlraum sich über eine Länge des Dichtspalts erstreckt, welcher entweder mit dem Hochdruckraum oder mit dem Niederdruckraum fluidisch verbunden ist, so daß eine Vergrößerung der Breite des Dichtspalts mittels einer radialen Dehnung des Hohlraums, die von einem Druckunterschied zwischen Hohlraum und Dichtspalt abhängig ist, verringbar ist.



DE 199 56 830 A 1

DE 199 56 830 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Durchführung mit einer Passung.

Beispielsweise aus DE 195 19 191 A1 ist ein Einspritzventil bekannt, bei dem ein Hub einer Ventilnadel ein Öffnen und Schließen einer Einspritzöffnung steuert. Zwischen Ventilnadel und führendem Gehäuse existiert ein enger Dichtspalt. Die Ventilnadel weist eine Steuerfläche an einer mit Kraftstoff gefüllten Hochdruck-Einspritzkammer auf, wobei sich ein Leckagestrom aus der Hochdruck-Einspritzkammer durch die Passung an einen Abfluß einstellt. Bei Verwendung in einer Verbrennungsmaschine wird der Kraftstoff des Leckagestroms in der Regel wieder in einen Kraftstofftank zurückgeführt.

Zur Verringerung des Leckagevolumenstroms werden erhebliche Anstrengungen unternommen. Denn erstens beeinträchtigen diese hydraulischen Verluste einen Gesamtwirkungsgrad des Verbrennungsmotors, da die entsprechende Antriebsleistung von der Kraftstoff-Hochdruckpumpe aufgebracht werden muß. Und zweitens bedingt eine Rückführung des heißen Kraftstoffs eine nachteilige Erwärmung des Inhaltes des Kraftstofftanks.

Das prinzipielle Problem besteht darin, daß durch den Hochdruck, z. B. ca. 1500-2000 bar bei einer Diesel-Direkteinspritzung, die Führung der Ventilnadel im Bereich des Dichtspalts radial gedehnt wird, während die Ventilnadel in diesem Bereich in radialer Richtung gestaucht wird. Dadurch erhöht sich die im drucklosen Zustand eingestellte Breite des Dichtspalts erheblich. Es ist offensichtlich, daß sich dieses prinzipielle Problem auch durch ein Spaltmaß nahe Null nicht lösen läßt.

Die erheblich vergrößerte Breite des Dichtspalts führt zu einem wesentlich größeren Leckagevolumenstrom und damit zu einem erheblichen Energieverlust, der durch eine erhöhte Pumpleistung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe abgefangen werden muß. Durch diesen Effekt wird also der Wirkungsgrad des Hochdrucksystems und damit auch derjenige des Verbrennungsmotors deutlich reduziert.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Möglichkeit zur Verringerung einer Leckage durch eine Passung bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch eine Durchführung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Die Durchführung weist ein in einem Gehäuse, das als Halterung dient, bewegbar geführtes Übertragerelement auf. Durch das Übertragerelement, z. B. eine Ventilnadel oder eine Welle, wird eine Bewegung, z. B. ein Hub und/oder eine Rotation, übertragen, beispielsweise ein von einem Piezokerator ausgelöster Hub. Unter bewegbar geführt wird axialverschiebbar geführt, z. B. bei einer Ventilnadel, und/oder drehbar geführt, z. B. bei einer Welle, verstanden.

Das Gehäuse und das Übertragerelement sind durch einen Dichtspalt, auch Passung genannt, voneinander getrennt. Durch den Dichtspalt werden ein Hochdruckraum, z. B. eine Hochdruck-Einspritzkammer eines Diesel- oder Benzineinspritzers, und ein unter geringerem Druck stehender Niederdruckraum, z. B. ein Ablauf, miteinander verbunden. Durch den Druckunterschied zwischen Hoch- und Niederdruckraum kommt es zu eines Leckagestrom vom Hochdruckraum zum Niederdruckraum.

Die Durchführung weist zudem mindestens einen axial, d. h. entlang einer Längsachse I; ausgedehnten Hohlraum auf, der sich mindestens teilweise über eine Länge des Dichtspaltes erstreckt. Die Zahl der Hohlräume ist nicht eingeschränkt. Der Hohlraum muß sich nicht über die ganze Länge des Dichtspaltes erstrecken, sondern kann, z. B. ab-

hängig von der Betriebsstellung, auch kürzer sein als der Dichtspalt und/oder nur teilweise in den Bereich des Dichtspaltes hineinragen. Der Hohlraum kann beispielsweise um die Längsachse I zentriert sein, z. B. zylinderförmig oder elliptisch, oder er kann die Längsachse I nur umfassen, z. B. in Form eines die Längsachse umfassenden offenen Hohlzylinders. Eine solche Rotationssymmetrie um die Längsachse I ist aber nicht zwingend.

Der Hohlraum ist mit dem Hochdruckraum oder mit dem 10 Niederdruckraum fluidisch verbunden. Durch den Hohlraum wird also keine fluidische Verbindung zwischen dem Hochdruckraum und dem Niederdruckraum hergestellt.

Dabei ist mittels einer radialen (d. h. einer senkrecht zur Längsachse I erfolgenden) Dehnung des Hohlraums eine 15 Vergrößerung der Breite des Dichtspalts durch die Druckaufgabe verringierbar. Die Größe der Dehnung des Hohlraums ist von einem Druckunterschied zwischen Hohlraum und Dichtspalt abhängig.

Bei dieser Durchführung ergibt sich der Vorteil, daß die 20 Dehnung des Dichtspaltes in radialer Richtung durch die Dehnung des Hohlraums wenigstens teilweise kompensierbar ist, und damit der Leckagevolumenstrom reduzierbar ist.

Es ist vorteilhaft, wenn die Durchführung eine Abdichthülse zwischen Gehäuse und Übertragerelement aufweist, 25 deren erste Seitenwand eine Wand des Dichtspalts darstellt. Eine zweite Seitenwand der Abdichthülse entspricht einer Wand des mindestens einen Hohlraums. Zum Beispiel kann die Abdichthülse hohlzylindrisch geformt sein, so daß sie eine Innen- und eine Außenwand aufweist. Die Hülse kann 30 auch einen Kragen aufweisen.

Die zweite Seitenwand kann zudem mittels einer umlaufenden Dichtung, z. B. einer Verschweißung oder eines verschweißten Kragens, am Gehäuse oder an dem Übertragerelement befestigt sein. Dadurch wird mindestens ein Hohlraum 35 geformt, wobei mindestens ein Hohlraum mit dem Hochdruckraum fluidisch verbunden ist.

Beispielsweise kann ein Kragen eine hohlzylindrische Abdeckhülse an ihrem dem Niederdruckraum zugewandten Ende abdichten, so daß nur ein mit dem Hochdruckraum 40 verbundener Hohlraum erzeugt wird. Auch kann z. B. eine abdichtende Verschweißung der Abdeckhülse an der zweiten Seitenwand vorhanden sein, so daß ein mit dem Hochdruckraum und ein mit dem Niederdruckraum verbundener Hohlraum erzeugt werden.

Es ist günstig, wenn die Abdichthülse mit dem Gehäuse 45 verbunden ist, so daß die erste Seitenwand der Abdichthülse der Innenwand der Abdichthülse entspricht. Die Innenwand ist durch den Dichtspalt von dem Übertragerelement getrennt. Die zweite Seitenwand der Abdichthülse entspricht 50 dann ihrer Außenwand, so daß der mindestens eine Hohlraum durch die Außenwand und das Gehäuse begrenzt wird.

Zum Beispiel ist die Abdichthülse hohlzylindrisch mit einem Kragen, und das Übertragerelement, z. B. eine Ventilnadel, wird durch sie hindurchgeführt. Die Abdichthülse 55 wird durch Verschweißung des Kragens mit dem restlichen Gehäuse verbunden. Die Abdichthülse kann als getrenntes Bauteil oder als Teil des Gehäuses aufgefaßt werden.

Es ist aus Gründen einer Montage günstig, wenn die Abdichthülse mit dem Übertragerelement verbunden ist. Die 60 erste Seitenwand entspricht dabei der Außenwand der Abdichthülse, welche über den Dichtspalt vom Gehäuse getrennt ist. Analog entspricht die zweite Seitenwand der Abdichthülse ihrer Innenwand, so daß der mindestens eine Hohlraum durch die Innenwand, die Dichtung und das Übertragerelement begrenzt wird.

Zum Beispiel ist die Abdichthülse hohlzylindrisch und umschließt das Übertragerelement. Sie als getrenntes Bauteil oder als Teil des Übertragerelements aufgefaßt werden.

Es wird eine Durchführung besonders bevorzugt, bei der die Abdichthülse hohlzylindrisch ist, und zwar sowohl glatt als auch mindestens abschnittsweise wandstärkenmoduliert.

Es ist zur vereinfachten Anwendung auch vorteilhaft, wenn die Abdichthülse, z. B. durch einen verschweißten umlaufenden Kragen, gegen den Niederdruckraum abgedichtet ist, so daß nur mindestens ein mit dem Hochdruckraum verbundener Hohlraum von der Abdichthülse begrenzt wird.

Zur verfeinerten Einstellung der Kompensation der Dehnung des Dichtspaltes wird eine Abdichthülse bevorzugt, bei der eine Dichtung zwischen Niederdruckraum und Hochdruckraum angebracht ist, so daß mindestens ein Hohlraum mit dem Hochdruckraum fluidisch verbunden ist und mindestens ein weiterer Hohlraum mit dem Niederdruckraum fluidisch verbunden ist.

Es wird auch allgemein eine Durchführung bevorzugt, bei der sich mindestens ein Hohlraum innerhalb des Übertragerelementes, z. B. einer Ventilnadel, befindet, insbesondere wenn der mindestens eine Hohlraum fluidisch mit der Hochdruckkammer verbunden ist.

Der mindestens eine Hohlraum innerhalb des Übertragerelementes kann aber auch fluidisch mit der Niederdruckkammer verbunden sein und sich, ausgehend vom Niederdruckraum, nicht über die ganze Länge des Dichtspaltes erstrecken.

Günstig ist eine leckagereduzierende Durchführung in einer Kraftstoff-Dosievorrichtung, insbesondere bei einem Diesel-Direkteinspritzer, z. B. nach dem Common-Rail-Prinzip, und einem Benzin-Direkteinspritzer, bei der das Übertragerelement eine Ventilnadel ist.

In den folgenden Ausführungsbeispielen wird die Durchführung schematisch näher beschrieben.

Die Fig. 1 und 2 zeigen Durchführungen mit einer zylindrischen Abdichthülse,

die Fig. 3 und 4 zeigen Durchführungen mit einer weitgehend zylindrischen Abdichthülse,

die Fig. 5 und 6 zeigen Durchführungen mit einer rotatonsymmetrischen Abdichthülse,

die Fig. 7 bis 9 zeigen Dosievorrichtungen mit verschiedenen Abdichthülsen,

Fig. 10 zeigt eine Dosievorrichtung mit einer hohen Ventilnadel,

die Fig. 11 und 12 zeigen Dosievorrichtungen mit verschiedenen Hohlräumen innerhalb und außerhalb der Ventilnadel,

Fig. 13 zeigt ein Diagramm der Breite b des Dichtspaltes gegen die Länge L des Dichtspaltes,

Fig. 14a zeigt eine herkömmliche Dosievorrichtung im drucklosen Zustand,

Fig. 14a zeigt eine herkömmliche Dosievorrichtung im druckbeaufschlagten Zustand.

Fig. 14a zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht den Kopf eines herkömmlichen Common-Rail-Injektors zur Hochdruck-Direkteinspritzung von Kraftstoff in den Brennraum eines Verbrennungsmotors, z. B. eines Dieselmotors, im drucklosen Zustand.

In einem Gehäuse 1 ist ein Übertragerelement 2 in Form einer Ventilnadel 13 entlang einer Längsachse I axialverschiebbar angebracht. Die Ventilnadel 13 kann z. B. an ein hydraulisches Servoventil oder direkt an einen Aktor angeschlossen sein. Sie ist an einem Ventilsitz 12 aufsetzbar, so daß durch ihren Hub mehrere Einspritzöffnungen 11 verschließbar sind.

Zudem weist die Ventilnadel 13 eine an einen Hochdruckraum 5 angrenzende Steuerfläche auf. Durch den Dichtspalt 6 zwischen Gehäuse 1 und Ventilnadel 13 fließt ein Leckagestrom in einen Niederdruckraum 7. Über eine Fluidzulei-

tung 10 wird ein von einer Hochdruckpumpe geförderte Kraftstoff unter Hochdruck, typischerweise 1500 bar bis 2000 bar bei einer Dieseleinspritzung, in den Hochdruckraum 5 eingespeist.

5 Wird die Ventilnadel 13 von dem in das Gehäuse 1 eingearbeiteten Ventilsitz 12 abgehoben, so wird durch die Einspritzöffnungen 11 Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt. Zur Beendigung des Einspritzvorgangs wird der Injektor durch das Aufsetzen der Ventilnadel 13 auf den Ventilsitz 12 geschlossen.

Die Durchführung der Ventilnadel 13 aus dem druckbeaufschlagten Hochdruckraum 5 in den weitgehend drucklosen Niederdruckraum 7, in dem sich z. B. auch ein Antrieb befinden kann, erfolgt über einen sehr engen Dichtspalt 6

15 der (axialen) Länge L und der (radialen) Breite b. Hierdurch entsteht im druckbeaufschlagten Zustand ein Kraftstoff-Leckagestrom aus dem Hochdruckraum 5 längs des Dichtspaltes 6 in den Niederdruckraum 7. Der in den Niederdruckraum 7 leckende Kraftstoff wird über eine Rücklaufleitung 20 in den Fahrzeugtank zurückgeführt.

Zur Reduzierung des Leckagevolumenstroms muß der Dichtspalt 6 einerseits eine ausreichende Länge L und andererseits eine sehr geringe Breite b aufweisen. Typische Längen L des Dichtspaltes 6 liegen im Bereich von 10–20 mm

25 bei einer radialen Breite b, dem Spaltmaß, von 2–3 µm.

Eine weitere signifikante Verringerung der Breite b ist äußerst unwahrscheinlich, da zur Herstellung des engen Dichtspaltes 6 bereits heute modernste fertigungstechnische Methoden angewandt werden und die Ventilnadel 13 in das Gehäuse 1 zwar einerseits möglichst eng eingepaßt, andererseits aber ein Klemmen der Ventilnadel 13 sicher vermieden werden muß. Da alle Fertigungsschritte zur Einpassung der Ventilnadel 13 im drucklosen Zustand des Injektors erfolgen, ergibt sich hiermit auch nur im drucklosen Zustand des

35 Injektors eine konstante minimale Spaltbreite b.

Fig. 14b zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht die Dosievorrichtung aus Fig. 14a im druckbeaufschlagten Zustand.

Das prinzipielle Problem bei der Druckbeaufschlagung 40 besteht darin, daß unter der Wirkung des Hochdrucks von ca. 1500–2000 bar das Gehäuse 1 im Bereich des Dichtspaltes 6 in radialer Richtung, also senkrecht zur Längsachse I, gedehnt wird, während die Ventilnadel 13 in diesem Bereich in radialer Richtung komprimiert wird. Dadurch wird die im drucklosen Zustand eingestellte Breite b des Dichtspaltes 6 erheblich erhöht. Dieses prinzipielle Problem läßt sich auch durch ein Spaltmaß b nahe Null nicht lösen.

Die erheblich vergrößerte Breite b des Dichtspaltes 6 führt 45 zu einem wesentlich größeren Leckagevolumenstrom und damit zu einem erheblichen Energieverlust, der durch eine erhöhte Pumpleistung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe abgefangen werden muß. Letztendlich wird durch diesen Effekt der Wirkungsgrad des Hochdrucksystems und damit auch der des Verbrennungsmotors deutlich reduziert.

50 Die Auslegung eines Injektors ist eine Kompromißabstimmung zwischen Bauvolumen (= Wandstärke), Funktion, Wirkungsgrad, Herstellbarkeit und Kosten. Eine Erweiterung des Druckniveaus auf Drücke von > 2000 bar wird durch die hydraulischen Verluste erheblich erschwert.

55 Eine weitere Verringerung der anfänglichen Breite b des Dichtspaltes 6 (im drucklosen Zustand) ist nicht zielführend, weil man mit einer Breite b von ca. 2–3 µm bereits am unteren Limit von in Großserie sinnvoll herstellbaren Passungen angelangt ist. Zudem muß ein Klemmen der Ventilnadel

60 13 µm Gehäuse 1 auf alle Fälle vermieden werden. Die druckbedingte Aufweitung ist immer vorhanden, und eine Erhöhung der Wandstärke des Ventilnadelhalters ist aus baulichen Gründen nicht durchführbar ist (z. B. bedingt eine

zentrale Einspritzlage beim Common-Rail-Injektor einen langen und schlanken führenden Dichtspalt 6.

Fig. 1 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht eine mögliche Durchführung im drucklosen Zustand.

Das Übertragerelement 2, z. B. eine Ventilnadel 13 oder eine Welle, ist über die gesamte Länge L des Dichtspalts 6 mit einer konstanten Breite b von 2 µm zu einer Abdichthülse 3 eingepaßt. Die Abdichthülse 3 ist mit dem Gehäuse 1 verbunden, so daß ein wird ein um die Längsachse I umlaufender Hohlraum H gebildet wird, der durch das Gehäuse 1 und die Außenwand der Abdichthülse 3 begrenzt wird.

Bei Anlegen eines Hochdruckes an den Hochdruckraum 5 erfolgt längs des Dichtspalts 6 ein Druckabfall auf das Druckniveau des drucklosen Niederdruckraums 7. Am hochdruckseitigen Einlaufende der Abdichthülse 3 herrscht außerhalb und innerhalb der Abdichthülse 3 nahezu der gleiche Druck, so daß dort die ursprüngliche Breite b von 2 µm beibehalten bleibt.

Durch den anliegenden Hochdruck wird das Gehäuse 1 radial gedehnt, wobei die mit dem Gehäuse 1 über eine umlaufende Verschweißung 9 verbundene hohlzylindrische Abdichthülse 3 im Bereich eines Kragens 8 zunächst radial mitgedehnt wird. Weil der Druck im Dichtspalt 6 mit zunehmendem Abstand vom hochdruckseitigen Ende der Abdichthülse 3 bis auf das drucklose Niveau des Niederdruckraums 7 abfällt und gleichzeitig der volle Hochdruck im Hohlraum H ansteht, wirkt auf die Abdichthülse 3 eine vom hochdruckseitigen Ende zur Niederdruckseite hin zunehmende nach innen gerichtete Druckkraft. Durch diese radiale Kompressionskraft wird die Abdichthülse 3 vom hochdruckseitigen Ende zur Niederdruckseite zunehmend radial gestaucht, womit der druckbedingten Aufweitung des Gehäuses 1 entgegengewirkt wird.

Durch geeignete Auslegung der Wandstärke und Länge L der Abdichthülse 3 kann so der druckbedingten Aufweitung des Dichtspaltes 6 entgegengewirkt werden oder diese sogar gänzlich vermieden werden.

Eine solche Durchführung kann z. B. zur Führung einer Ventilnadel 13 in einem Einspritzer verwendet werden oder bei einer Halterung einer umlaufenden Welle.

Fig. 2 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht eine weitere Durchführung in drucklosem Zustand. Im Unterschied zu dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Abdichthülse 3 hier innendruckbeaufschlagt.

Die Abdichthülse 3 ist an ihrem Kragen 8 über Verbindungspunkte 9, z. B. eine Schweißnaht, mit dem Übertragerelement 2 verbunden. Der zum Hochdruckraum 5 offene Hohlraum H wird somit durch die Innenwand der Abdichthülse 3 und das Übertragerelement 2 begrenzt.

Durch die hierdurch hervorgerufene radiale Dehnung bei Druckbeaufschlagung wird erreicht, daß sich die Außenwand der Abdichthülse 3 im Bereich des Dichtspalts 6 so an das druckaufgeweitete Gehäuse 1 anpaßt, daß die im drucklosen Zustand eingestellte Breite b des Dichtspaltes 6 weitgehend konstant bleibt.

Fig. 3 zeigt analog Fig. 1 eine Durchführung mit geändertem Kragen 8 der Abdichthülse 3 und geänderter Schweißbefestigung 9.

Außerdem ist die Abdichthülse 3 im Bereich der Schweißpunkte 9 zur Vermeidung einer Kantenbelastung angefast. Dies entspricht einer mindestens teilweise wandstärkenmodulierten hohlzylindrischen Abdichthülse 3. Selbstverständlich können auch andere Arten von Befestigungspunkten bzw. Methoden der Befestigung verwendet werden, z. B. Verkleben, Vernieten oder Verschrauben.

Fig. 4 zeigt analog Fig. 2 eine Durchführung mit geändertem Kragen 8 und geänderter Schweißbefestigung 9 der Abdichthülse 3 an dem Übertragerelement 2. Analog Fig. 3 ist

die Kontur der Abdichthülse 3 im Bereich der Schweißpunkte 9 (Schweißnähte) zur Vermeidung einer Kantenbelastung angefast.

Fig. 5 zeigt eine weitere Durchführung als Schnittdarstellung in Seitenansicht.

Zur möglichst exakten Einstellung einer druckunabhängigen minimalen Breite b des Dichtspalts 6 müssen die Deformationen der Dichtfläche des Gehäuses 1 und die Deformationen der Abdichthülse 3 möglichst über die gesamte Länge L des Dichtspalts 6 sehr genau aneinander angepaßt werden. Dies setzt entsprechende Kenntnisse über den axialen Druckverlauf im Dichtspalt 6 und über die druckbedingten Deformationen der Körper voraus. Aufgrund der komplexen Wechselwirkung beider Einflüsse, bei der z. B. Aufweitung und Druckverlauf nicht voneinander unabhängig sind, ist dies meist nur mit Hilfe numerischer Verfahren, z. B. von Finite-Elemente-Simulationen, möglich.

Diese Figur gibt ein Beispiel dafür, wie durch eine geeignete Modulation der Wandstärke der Abdichthülse 3 eine dem axialen Druckverlauf im Dichtspalt 6 angepaßte Deformation der Abdichthülse 3 bzw. des Hohlraums H und damit eine weitgehend druckunabhängige Breite b des Dichtspalts 6 erzielt werden kann. Die optimale Kurvatur der Abdichthülse 3 wird durch Simulationsrechnungen bestimmt. Die Wirksamkeit kann durch Messung des druckabhängigen Leckagevolumenstroms experimentell überprüft werden.

Fig. 6 zeigt analog Fig. 5 eine wandstärkenmodulierte Abdichthülse 3, welche analog zu Fig. 2 an dem Übertragerelement 2 angebracht ist.

Fig. 7 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht eine Durchführung nach Fig. 5 in einem Kopf eines Kraftstoff-Injektors.

Fig. 8 zeigt als Schnittdarstellung in Seitenansicht eine weitere Durchführung in einem Kopf eines Kraftstoff-Injektors.

Im Vergleich zu Fig. 7 ist die Befestigung der Abdichthülse 3 mit dem Gehäuse 1 nicht an deren Ende, sondern zwischen den beiden Enden der Abdichthülse 3 erfolgt. Dadurch entsteht ein Hohlraum H, der mit dem Hochdruckraum 5 verbunden ist, und zusätzlich ein Hohlraum H', der mit dem Niederdruckraum 7 verbunden ist. Dadurch ist eine Möglichkeit zur weiteren Verfeinerung der Korrektur des Dichtspalts 6 gegeben.

Die Abdichthülse 3 kann statt mit dem Gehäuse 1 auch mit dem Übertragerelement 2 verbunden sein. Die Ventilnadel 13 kann z. B. über einen Arbeitskolben durch ein hydraulisches Servoventil gesteuert werden oder direkt angetrieben sein, z. B. mittels eines Piezoaktors.

Fig. 9 zeigt ein weiteres Beispiel einer Durchführung in einem Kraftstoff-Injektor.

Dabei ist die Konizität der Abdichthülse 3 so ausgestaltet, daß sich am Hohlraum H, der mit dem Hochdruckraum 5 verbundenen ist, ein zu den Befestigungspunkten 9 hin verjüngendes Querschnittsprofil der Abdichthülse 3 ergibt, während sich am Hohlraum H', der mit dem Niederdruckraum 7 verbundenen ist, ein verdickendes Querschnittsprofil ergibt.

Fig. 10 zeigt eine Durchführung in einem Einspritzer, bei dem sich der Hohlraum H" in der einem Übertragerelement 2' in Form einer Ventilnadel 13' befindet.

Ähnlich wie bei der Abdichthülse 3 kann auch durch eine hohlgebohrte innendruckbeaufschlagten Ventilnadel 13' erreicht werden, daß sich durch die druckbedingte radiale Dehnung der Ventilnadel 13' im Bereich des Hohlraums H" ein näherungsweise konstantes, druckunabhängiges Spaltmaß 6 ergibt. Die Dehnung hängt dabei von der radialen Druckdifferenz zum Dichtspalt 6 ab.

In dieser Figur ist der Hohlraum H" der Ventilnadel 13'

über Bohrungen 4 mit dem Hochdruckraum 5 verbunden. Niederdruckseitig ist die hohlgebohrte Ventilnadel 13' durch einen angeschweißten Dichtkörper 14 verschlossen.

Fig. 11 zeigt eine Variante der Durchführung in einem Kraftstoff-Injektor, bei der drei Hohlräume H, H', H" verwendet werden.

Mittels der an der Außenfläche am Gehäuse 1 angeschweißten Abdichthülse 3 analog Fig. 8 werden zwei Hohlräume H, H" und ein weiterer Hohlräume H' durch eine zusätzliche Ausgestaltung der Ventilnadel 2' analog Fig. 10 verwendet.

Fig. 12 zeigt als weitere Möglichkeit einer Durchführung eine Verbindung des Hohlräums H" in der Ventilnadel 13' analog Fig. 10 mit dem Niederdruckraum 7 über eine Bohrung 4. Zusätzlich ist eine Abdichthülse 3 analog Fig. 5 vorhanden, durch die sich noch ein Hohlräume H ergibt. In diesem Ausführungsbeispiel erstreckt sich der Hohlräume H" in der Ventilnadel 13' nur teilweise über die Länge L des Dichtspalts 6.

Die obigen Ausführungen sind prinzipielle Beispiele zur Verdeutlichung der zugrundeliegenden Idee einer verbesserten Hochdruckdurchführung. Die konkrete Auslegung, d. h. beispielsweise die Art und der Ort der Befestigung der Abdichthülse 3 an dem Übertragerelement 2 oder am Gehäuse 1, die Länge L und die Wandstärke der Abdichthülse 3 sowie die Wandstärkenmodulation der Abdichthülse 3 (zunehmend/abnehmend, Form) und das Material (Metall, Keramik, CFK) können der jeweiligen Anwendung entsprechend durch Simulationen und Experimente bestimmt werden.

Die Durchführung ist nicht auf Einspritzventile, z. B. Hochdruckinjektoren beschränkt, sondern kann generell bei rotierenden oder oszillierenden Hochdruck-Durchführungen angewendet werden. Grundsätzlich ist anzumerken, daß das hier beschriebene Verfahren zur Leckagereduzierung bei allen Arten von Dichtpassungen und Durchführungen, insbesondere bei hohem Druckabfall, z. B. bei der Verringerung einer Arbeitskolbenleckage in servohydraulischen Common-Rail-Injektoren oder z. B. bei Wellendurchführungen, vorteilhaft zur Anwendung kommen kann.

Ebenso muß daß Material der Abdichthülse nicht notwendigerweise ein Metall oder eine Metallegierung sein, sondern kann z. B. auch aus einer Keramik, einem Verbundmaterial (CFK, GFK), einem Kunststoff, einem Glas oder einem Elastomer bestehen.

In Fig. 13 ist das Ergebnis einer Finite-Elemente-Simulation als Auftragung der Breite b des Dichtspalts 6 an der Durchführung einer Ventilnadel 13 eines Common-Rail-Injektors gegen die Position im Dichtspalt 6 bei einem Kraftstoffdruck von 1500 bar.

Das anfängliche radiale Spaltmaß b im drucklosen Zustand beträgt 2 µm bei einer Länge L des Dichtspalts 6 von 12,2 mm. Die Position bei 0 mm entspricht dem Übergang zum Hochdruckraum 5, die Position bei 12,2 mm entspricht dem Übergang zum Niederdruckraum 7.

Für eine konventionelle Durchführung analog Fig. 14 (Kurve 1) ergibt sich eine druckbedingte Aufweitung des Spaltmaßes b am hochdruckseitigen Ende der Passungsdurchführung auf 5,2 µm, die bis zum Ende des Dichtspalts 6 am drucklosen Niederdruckraum 7 auf b = 2,0 µm abfällt.

Demgegenüber ändert sich die Breite b des Dichtspalts 6 für einen Aufbau der in Fig. 8 vorgestellten Art, allerdings mit einfacher zylindrischer, also nicht wandstärkenmodulierter Abdichthülse 8, gegenüber dem drucklosen Zustand nur wenig. Die für eine einfache zylindrische Abdichthülse 8 zu beobachtende geringe Abhängigkeit des Spaltmaßes b vom Ort innerhalb des Dichtspalts 6 (Welligkeit der Kurve 2), kann durch eine geeignete Wandstärkenmodulation der Abdichthülse 3 noch weiter verringert werden. Hierfür wur-

den jedoch keine FE-Rechnungen durchgeführt.

Diese Figur zeigt, daß mit einer leckagereduzierenden Durchführung die Leckageverluste unter Hochdruck gegenüber einer konventionellen Ausführung nach Fig. 14 (Kurve 1), stark reduziert werden können.

#### Patentansprüche

1. Durchführung, aufweisend  
ein in einem Gehäuse (1) bewegbar geführtes Übertragerelement (2, 2', 13, 13'), wobei ein Dichtspalt (6) zwischen Gehäuse (1) und Übertragerelement (2, 2', 13, 13') einen Hochdruckraum (5) und einen Niederdruckraum (7) miteinander verbindet  
dadurch gekennzeichnet, daß

mindestens ein axial ausgedehnter Hohlräume (H, H', H'') sich  
mindestens teilweise über eine Länge (L) des Dichtspalts (6) erstreckt, der entweder mit dem Hochdruckraum (5) oder mit dem Niederdruckraum (7) fluidisch verbunden ist,  
so daß eine Vergrößerung der Breite (b) des Dichtspalts (6) mittels einer radialen Dehnung des Hohlräume (H, H', H'') die von einem Druckunterschied zwischen Hohlräume (H, H', H'') und Dichtspalt (6) abhängig ist, verringbar ist.

2. Durchführung nach Anspruch 1, bei der zwischen Gehäuse (1) und Übertragerelement (2, 2', 13, 13') eine Abdichthülse (3) vorhanden ist,

– deren erste Seitenwand eine Wand des Dichtspalts (6) darstellt,  
– deren zweite Seitenwand eine Wand des mindestens einen Hohlräume (H, H') darstellt,  
wobei

– die Abdichthülse (3) mit dem Gehäuse (1) oder dem Übertragerelement (2, 2', 13, 13') verbunden ist,  
– mindestens ein Hohlräume (H) mit dem Hochdruckraum (5) fluidisch verbunden ist.

3. Durchführung nach Anspruch 2, bei der  
– die Abdichthülse (3) mit dem Gehäuse (1) verbunden ist,  
– die erste Seitenwand der Abdichthülse (3) ihrer Innenwand entspricht, die über den Dichtspalt (6) von dem Übertragerelement (2, 2', 13, 13') getrennt ist,  
– die zweite Seitenwand der Abdichthülse (3) ihrer Außenwand entspricht, so daß der mindestens eine Hohlräume (H, H') mindestens durch die Außenwand, und das Gehäuse (1) begrenzt wird.

4. Durchführung nach Anspruch 2, bei der  
– die Abdichthülse (3) mit dem Übertragerelement (2, 2', 13, 13') verbunden ist,  
– die erste Seitenwand der Abdichthülse (3) ihrer Außenwand entspricht, die über den Dichtspalt (6) vom Gehäuse (1) getrennt ist,  
– die zweite Seitenwand der Abdichthülse (3) ihrer Innenwand entspricht, so daß der mindestens eine Hohlräume (H, H') mindestens durch die Innenwand und das Übertragerelement (2, 2', 13, 13') begrenzt wird.

5. Durchführung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei der die Abdichthülse (3) weitgehend zylinderförmig mit oder ohne Wandstärkenmodulation ausgeführt ist.

6. Durchführung nach Anspruch 5, bei der die Abdichthülse (3) an ihrem an den Niederdruckraum (7) grenzenden Ende gegen diesen fluidisch abgedichtet

ist, so daß nur mindestens ein mit dem Hochdruckraum (5) verbundener Hohlraum (H) von der Abdichthülse (3) begrenzt wird.

7. Durchführung nach Anspruch 5, bei der die Abdichthülse (3) zwischen Niederdruckraum (7) und Hochdruckraum (5) fluidisch abgedichtet ist, so daß mindestens ein Hohlraum (H) mit dem Hochdruckraum (5) fluidisch verbunden ist und ein mindestens ein weiterer Hohlraum (H') mit dem Niederdruckraum (7) fluidisch verbunden ist.

5

8. Durchführung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der sich mindestens ein Hohlraum (H'') innerhalb des Übertragerelements (2', 13') befindet.

9. Durchführung nach Anspruch 8, bei der der mindestens eine Hohlraum (H'') fluidisch mit der Hochdruckkammer (5) verbunden ist.

15

10. Durchführung nach Anspruch 8, bei der der mindestens eine Hohlraum (H'') fluidisch mit der Niederdruckkammer (7) verbunden ist und sich ausgehend vom Niederdruckraum (7) nicht über die ganze Länge (L) des Dichtspalts (6) erstreckt.

20

11. Durchführung nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einer Kraftstoff-Dosiervorrichtung, bei der das Übertragerelement (2, 2', 13, 13') eine Ventilnadel (13) ist.

25

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 2

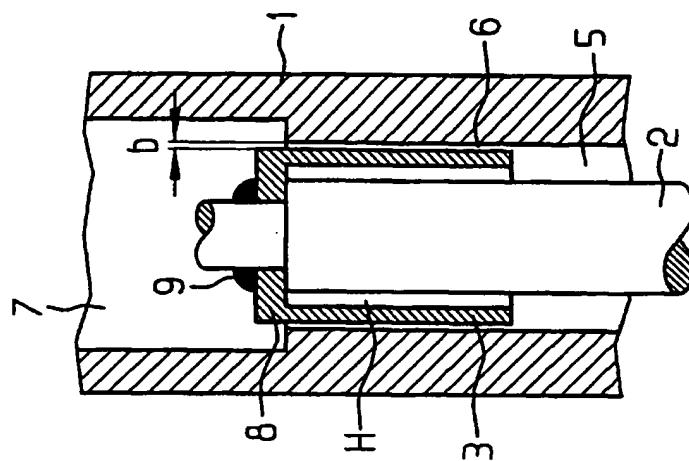


FIG 1

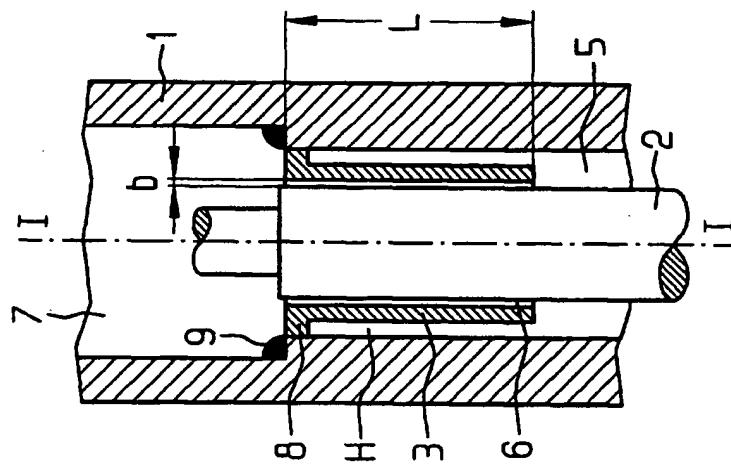


FIG 4

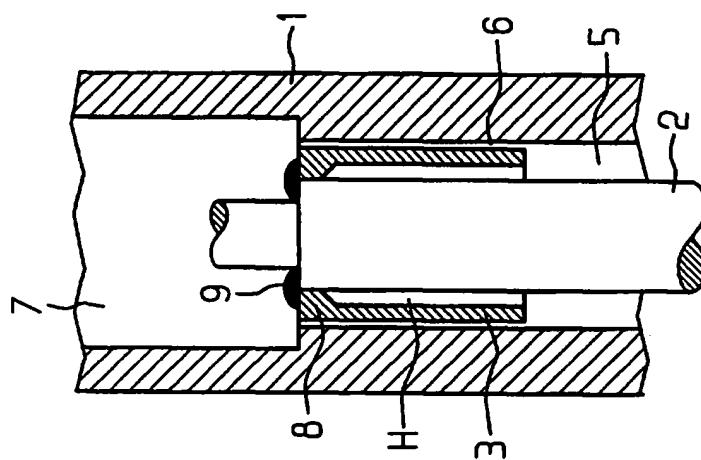


FIG 3

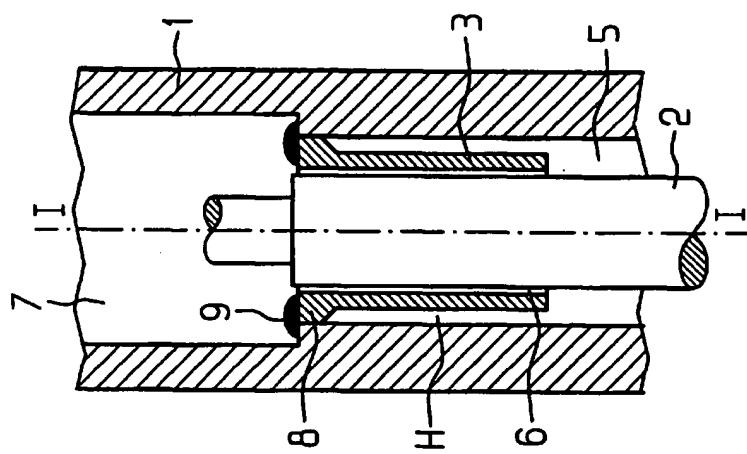


FIG 6

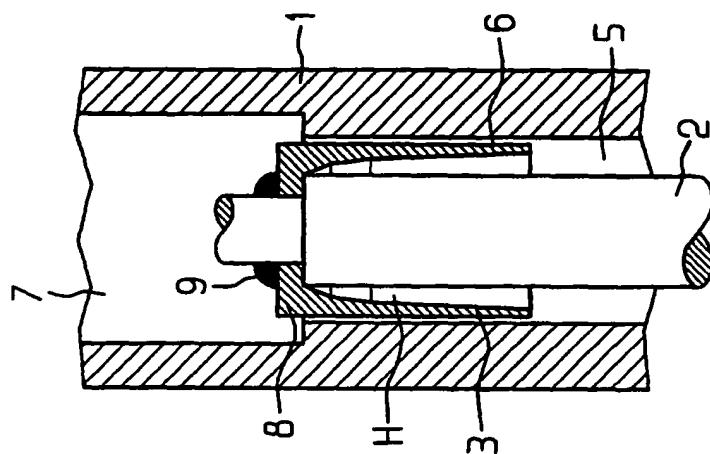
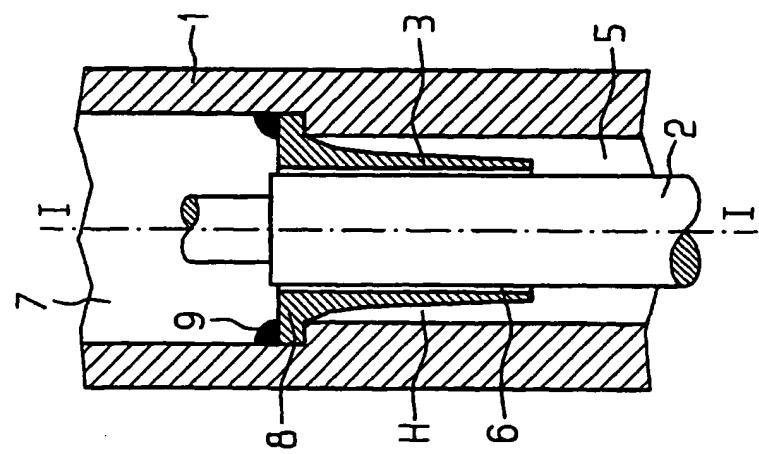
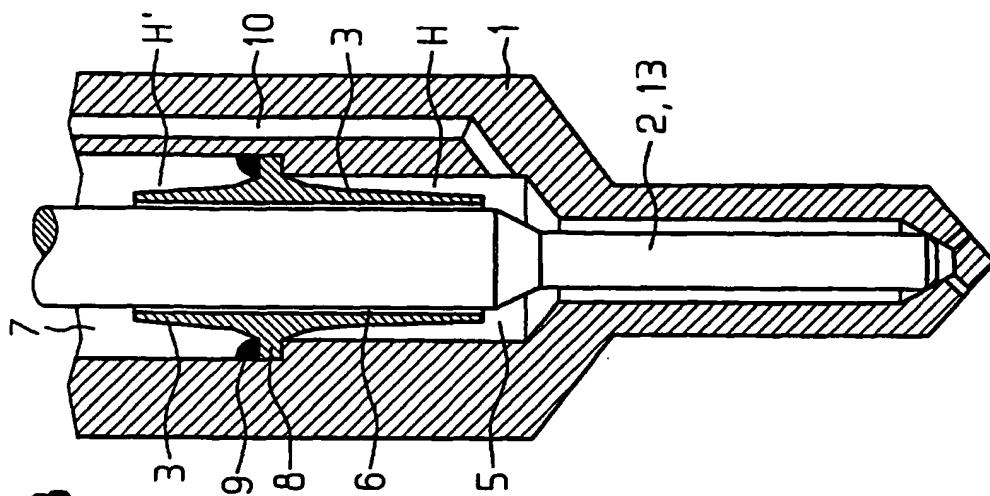
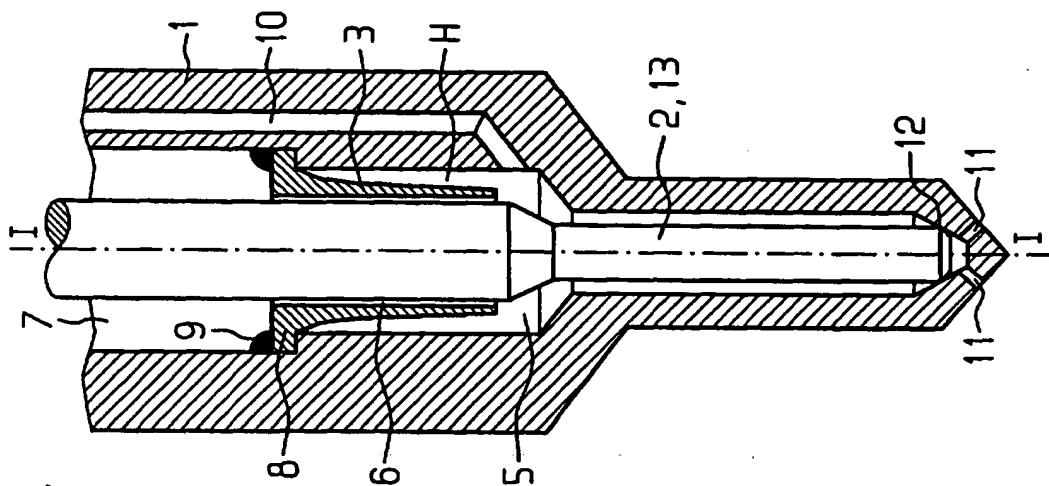


FIG 5





80



7  
E  
G

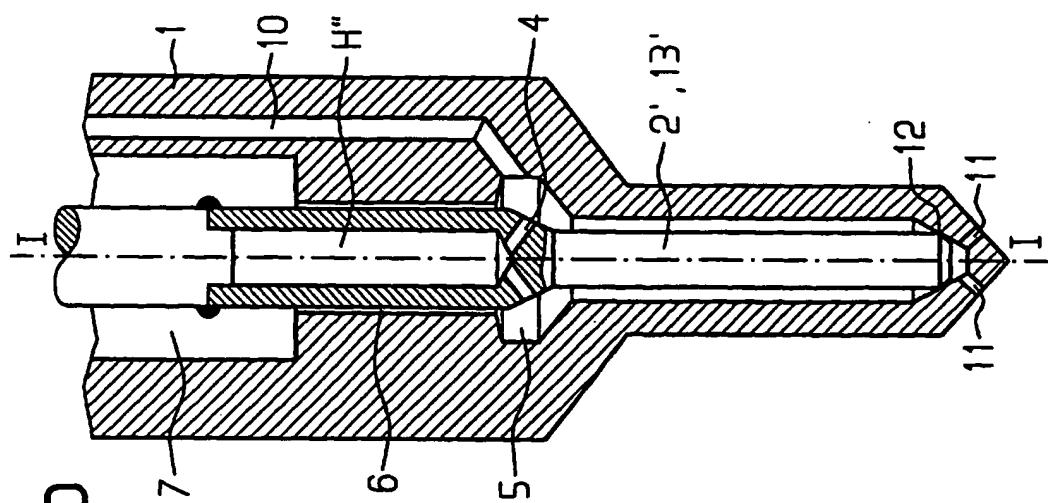


FIG 10

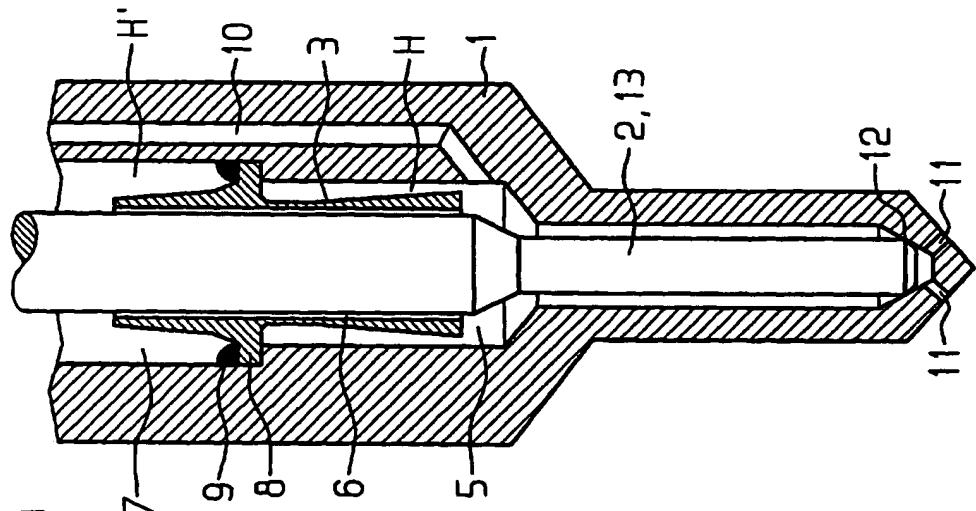


FIG 9

FIG 12

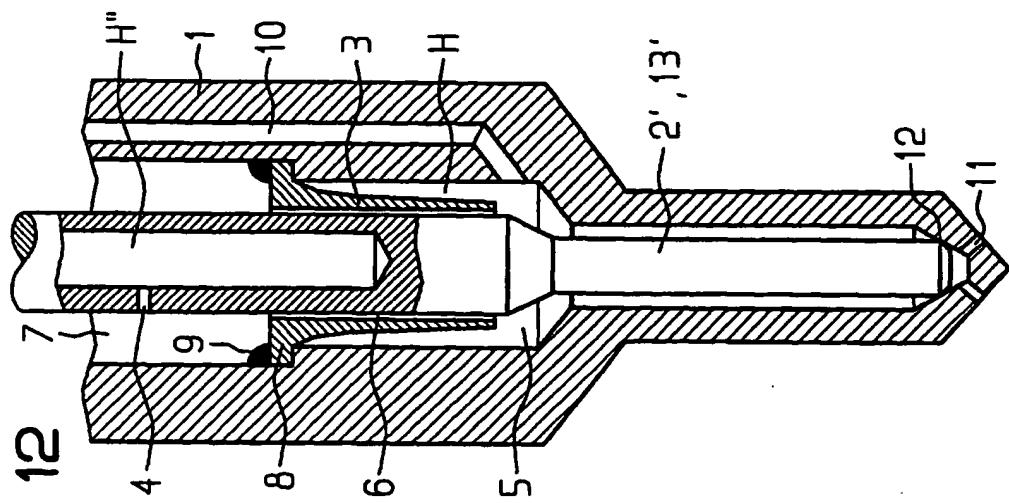


FIG 11

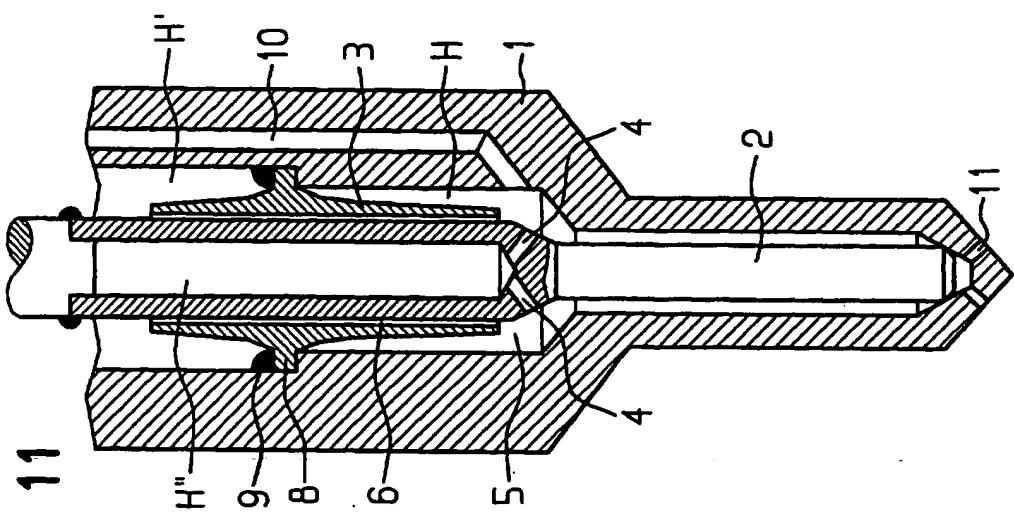
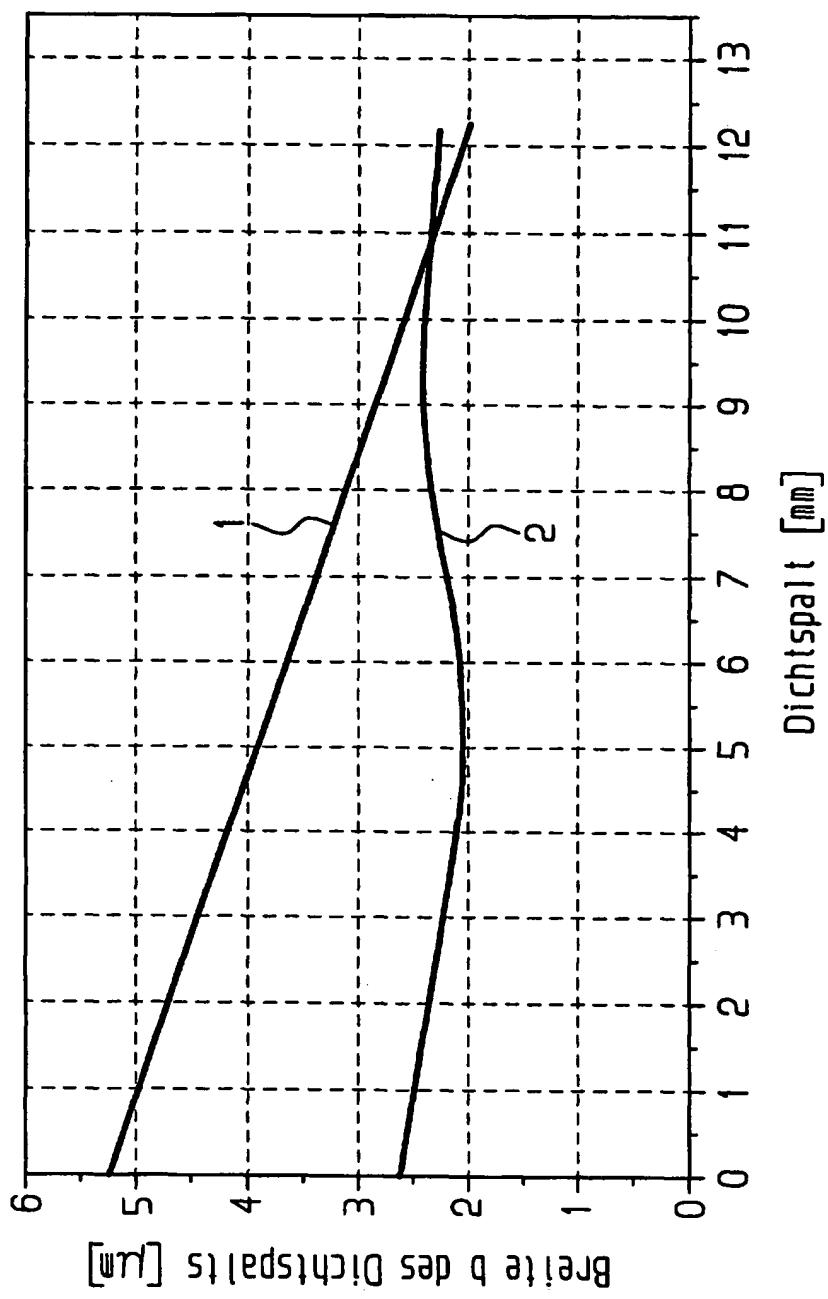


FIG 13 1 —— übliche Nadelpassung nach Fig. 14 ohne Hülse  
2 —— Nadelpassung nach Fig. 9 mit zylindrischer Hülse  
am Düsenadelhalter befestigt



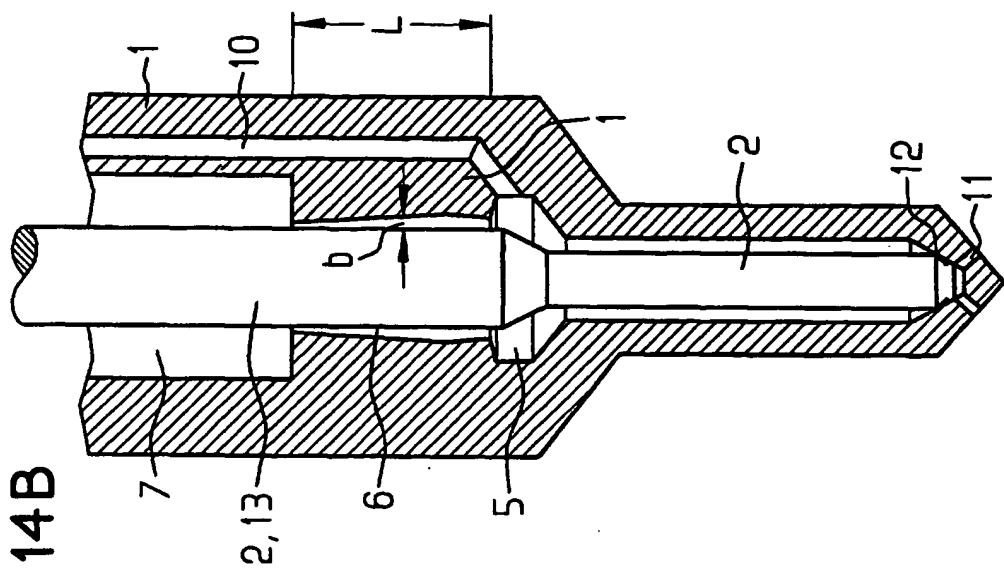


FIG 14B

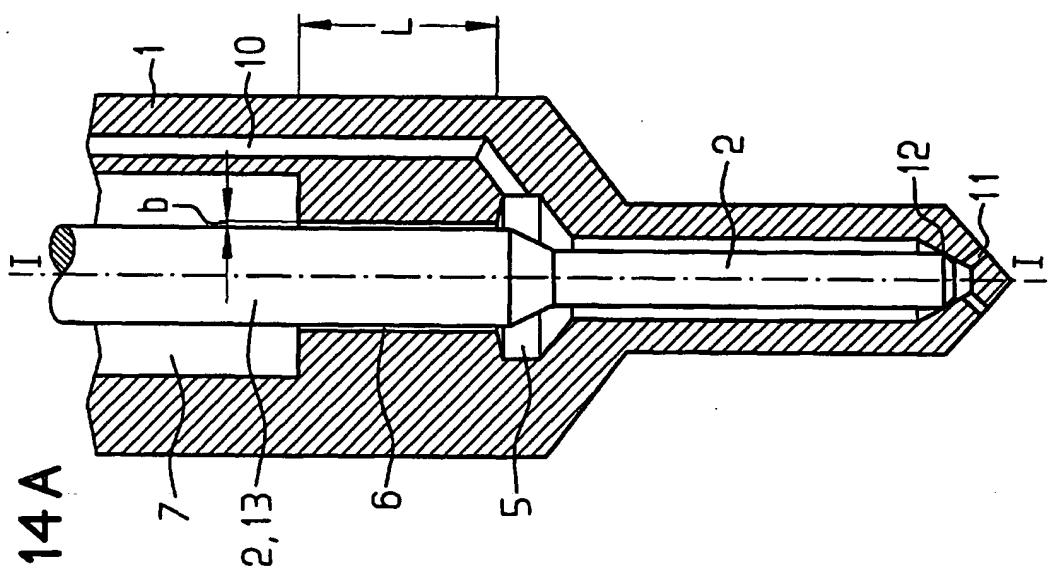


FIG 14 A